Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Freien Universität Berlin (Oskar-Helene-Heim)
Direktor: Professor Dr. med. Alfred N. Witt

---

# DIE OSTEOSYNTHESE BEI JUGENDLICHEN AN PAARIGEN KNOCHENABSCHNITTEN

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Rosselke Zech geb. Wrede
aus Berlin

1961

Druck:

Ernst - Reuter - Gesellschaft
der Förderer und Freunde der Freien Universität e.V.

Dissertations - Druckstelle

Berlin-Dahlem, Garystr. 45, Tel.: 76 52 61. App. 668

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Freien Universität Berlin (Oskar-Helene-Heim)
Direktor: Professor Dr. med. Alfred N. Witt

---

# DIE OSTEOSYNTHESE BEI JUGENDLICHEN AN PAARIGEN KNOCHENABSCHNITTEN

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Rosselke Zech geb. Wrede
aus Berlin

6100/61

Dekan: Professor Dr. med. Helmut SELBACH
Referent: Professor Dr. med. Alfred N. WITT
Korreferent: Professor Dr. med. Werner BLOCK

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 22. März 1961

I. Einleitung

II. Frakturformen

III. Osteosynthese

a) Methoden
b) Gefahren
c) Indikationen

IV. Besprechung der Krankengeschichten

I. Die durch unsere heutige Lebensweise bedingte Zunahme der Unfälle betrifft weitgehend auch Kinder und Jugendliche. Parallel mit der Häufigkeit der Unfälle steigt die Zahl der kindlichen Frakturen. Die Frage nach ihrer zweckmäßigsten Behandlung ist von zunehmender Bedeutung. Auch das Problem der Osteosynthese am wachsenden Skelett wird daher immer wieder diskutiert. Seit Beginn der operativen Stabilisierung von Frakturen zeigt sich jedoch immer deutlicher, daß man bei Kindern damit möglichst zurückhaltend sein soll. Die für den Erwachsenen gültigen Behandlungsmethoden können nicht ohne weiteres auf das Kind übertragen werden.

Der kindliche Knochen verfügt über ein viel stärkeres Regenerationsvermögen als der des Erwachsenen. In der Regel tritt nach zwei bis vier Wochen knöcherne Überbrückung der Fraktur ein. Durch seine lebhaften Stoffwechselvorgänge vermag der kindliche Knochen Deformierungen wie Verkürzungen, Stufenbildungen und Abknickungen weitgehend auszugleichen und auszugraden. Dieser Vorzug der erhöhten Umbaufähigkeit beim Kind wirkt sich bei der Behandlung von Frakturen begünstigend aus. Auf der anderen Seite ist der kindliche Organismus den Gefahren der Operation gegenüber besonders empfindlich. Je jünger das Kind ist, umso mehr werden alle Organsysteme von den Auswirkungen der Operation und der Narkose angegriffen. Bei der Behandlung von Frakturen mit einer Metallosteosynthese kommen noch die verschiedenen Komplikationen hinzu, die durch den Fremdkörper bedingt sind.

Die Mehrzahl der Autoren ist sich einig, daß man bei kindlichen Frakturen immer zuerst versuchen soll, mit konservativen Maßnahmen auszukommen. Manueller Zug und Gegenzug, evtl. Heftpflaster - oder Drahtextension, und anschließende ununterbrochene Ruhigstellung im Gipsverband genügen in den meisten Fällen. Es gibt aber einige Situationen, die operative Maßnahmen erfordern. Abgesehen von den suprakondylären Oberarmbrüchen, bei denen oft eine primäre operative Versorgung angezeigt ist, kann es vorkommen, daß sich ein Bruch mit größerer Dislokation trotz mehrmaliger Repositionsversuche nicht einstellen läßt und Komplikationen zu erwarten sind. Auch alte, in Fehlstellung verheilte Brüche, ebenso wie Pseudarthrosen, machen eine Operation notwending.

II. Die kindlichen Frakturen unterscheiden sich in ihrer Form und Prognose wesentlich von denen des Erwachsenen. Der Frakturmechanismus beruht auch hier auf Druck, Zug, Biegung, Torsion. Aber der jugendliche Knochen reagiert infolge seiner besonderen Beschaffenheit ganz anders darauf. Er ist schwächer mineralisiert und daher elastischer, das Periost ist dick und gefäßreich. Die Verknöcherung der Epiphysen erfolgt zu ganz bestimmten Zeitpunkten der Entwicklung. Die Wachstumsfugen sind noch nicht geschlossen; die Knorpel-Knochengrenze stellt daher einen locus minoris resistentiae dar. Aus diesen Tatsachen ergeben sich ganz bestimmte charakteristische Verletzungsformen. Am häufigsten sind inkomplette Brüche: Grünholz- und Stauchungsbrüche. Das Periost bleibt oft unverletzt; infolgedessen können Verschiebungen bei Brüchen am Schaft, wie z. B. bei der Spiralfraktur der Tibia, vermieden werden. Andererseits kann eine an sich geringfügige Krafteinwirkung schon einen Bruch der wenig kompakten jugendlichen Knochen hervorrufen. Typisch sind Epiphysenverletzungen in ihren Variationen.

Je jünger das Kind ist, umso intensiver ist die Kallusbildung; die Bruchheilung erfolgt schneller und Deformitäten werden durch das Wachstum im Laufe der Zeit leichter ausgeglichen. Dabei sind jedoch die Art der Dislokation, die Entfernung des Bruches vom Knochenende und die Stärke der Achsenknickung bedeutungsvoll für die Prognose. Andererseits können sich die Wachstumstendenzen des kindlichen Organismus bei Fehlstellungen auch negativ auswirken, und der Grad der Deformität nimmt zu. Dieser Wachstumsfaktor, den man dauernd beachten muß, macht die Behandlung so schwierig und verschieden von der des Erwachsenen.

Am Unterarm findet man, außer den oben erwähnten typisch kindlichen Verletzungen, Schaftfrakturen beider Knochen, die meist durch die indirekte Kraft beim Fall auf die ausgestreckte Hand entstehen. Weniger häufig sind Schaftfrakturen eines Knochens, durch direkte Gewalteinwirkung verursacht, und Monteggiafrakturen. Selten sind bei Kindern im allgemeinen Speichenhalsfrakturen und Frakturen des Olecranons.

Durch die zwei Knochen werden am Unterarm, wie auch am Unterschenkel, besondere Verhältnisse geschaffen, die man bei der Behandlung beachten muß. Die beiden Knochen des Unterarms, Elle und Speiche, sind funktionell gleichmäßig belastet. Sie berühren sich an beiden Enden durch Gelenkflächen; im Mittelteil weichen sie auseinander. Diesen Zwischenraum überbrückt die Membrana interossea. Die Elle ist proximal verdickt und überragt die Speiche; die Speiche hat entsprechend am distalen Ende ihren größten Umfang. Sie übernimmt die Verbindung mit der Hand, während die Elle durch die Pars humeroulnaris des Ellenbogengelenks die breitere Gelenkverbindung mit dem Oberarm besitzt. Durch sie wird Beugung und Streckung ermöglicht, während die Rotation im wesentlichen im Humeroradialgelenk stattfindet. Beide Knochen sind in ihrer ganzen Länge umeinander beweglich. Die Hand hat also durch den Unterarm die Möglichkeit, sich in jeder Richtung zu bewegen. Die Beweglichkeit ist für den gesamten Funktionsablauf der oberen Extremität außerordentlich wichtig.

Am Unterschenkel liegen die Verhältnisse anders durch die statische Funktion, die das Bein besitzt. Normalerweise wird der Druck der Körperlast von der Mitte des Oberschenkels zur Mitte des Kniegelenks und durch das Schienbein auf die Mitte der Sprungbeinrolle übertragen. Das Schienbein ist ein starker, leicht s-förmig gekrümmter Knochen, an beiden Gelenkenden erheblich verdickt. Die Markhöhle ist eng und nimmt nur das mittlere Drittel des Schaftes ein. Das Schienbein hat die Körperlast zu tragen, während das Wadenbein keinerlei Stützfunktion besitzt. In der Gelenkverbindung zwischen Schienbein und Oberschenkel wird der Unterschenkel gebeugt und gestreckt. Gleichzeitig mit der Beugung kann eine Kreiselung stattfinden, die für das Gleichgewicht beim Gehen wichtig ist. Das Fibulaköpfchen hat keinen Anteil am Kniegelenk. Die ganze Fibula ist gegen die Tibia nach unten verschoben. Das Köpfchen ist mit der Tibia durch Bänder fest verbunden, die nur unbedeutende Gleitbewegungen nach vorn und hinten zulassen. Distal bildet die Fibula zusammen mit der Tibia die Gabel für das obere Sprunggelenk. Die beiden Knochen sind hier ebenfalls durch straffes Bindegewebe federnd vereinigt. Auch die Membrana interossea ist so fest, daß ein Auseinanderweichen des Knochenrahmens verhindert wird. Anders als beim Arm besteht also nur eine ganz geringe Beweglichkeit gegeneinander. Sie ist aber wichtig, um den Druck abzufedern, den die Sprungbeinrolle auf die Knöchelgabel beim Laufen und Springen ausübt.

Beim Kind bricht die Tibia in den meisten Fällen isoliert, weil die Fibula sehr elastisch ist. Dann kann der andere Knochen, ebenso wie am Unterarm, sperrend wirken und eine verzögerte Heilung verursachen. Isolierte Fibulafrakturen sind beim Kind selten. Die Bruchformen der Tibia wechseln mit dem Alter des Kindes: bei kleineren Kindern findet man Spiralfrakturen ohne Bruch der Fibula, bei den 5 - 10jährigen sind Querfrakturen beider Knochen durch ein direktes Trauma häufig. Jugendliche von etwa 13 Jahren an zeigen infolge der zunehmenden Sklerosierung des Knochens oft Splitterbrüche im mittleren Drittel mit starker Verschiebung. Abrisse der Tuberositas tibiae, ebenso wie die des Volkmann'schen Dreiecks, sieht man auch nur bei älteren Kindern. Typische Knöchelbrüche wie beim Erwachsenen kommen beim Kind kaum vor.

III a) Im allgemeinen genügt bei Kindern eine konservative Behandlung. In seltenen Fällen ist eine Operation notwendig. Unter den operativen Maßnahmen spielen die verschiedenen Methoden der Osteosynthese eine besondere Rolle.

Im Prinzip versucht man bei der Osteosynthese, die Bruchstücke durch einen direkt an den Knochen gebrachten Fremdkörper fest zu verbinden und Verschiebungen dadurch möglichst auszuschalten. Die Zeit der Ruhigstellung wird verkürzt, eine schnellere Wiederherstellung der Funktion wird im allgemeinen erreicht.

Es stehen uns verschiedene Möglichkeiten der Osteosynthese zur Verfügung:

1. Lane'sche Platte
2. Osteotaxis
3. Drahtumschlingung (Cerclage)
4. Küntschernagel
5. Rush-Pin
6. Kirschner-Draht
7. Zuelzerklammer
8. Autoplastische Spantransplantation.

1. Lane'sche Platte. Es handelt sich dabei um eine Metallplatte, die subperiostal an beiden Bruchstücken durch Schrauben befestigt wird. Sie wird heute kaum noch verwendet, da sie in vielen Fällen versagt hat. Die Fraktur knickt leicht ab. Die Platte kann brechen. Durch die sperrende Wirkung der Schrauben wird das Aneinanderrücken der Frakturenden verhindert und die Heilung verzögert. Auch besteht hier wie bei der Nagelverwendung die Gefahr der Entzündung des Knochengewebes um den Fremdkörper herum, die zu weiteren Komplikationen führen kann.

2. Osteotaxis. Zwei bis fünf Metallstifte werden entfernt von der Bruchstelle in jedes Fragment eingetrieben. Jede Gruppe wird mit einem Haltekloben versehen. Diese werden nach exakter Reposition durch eine Metallstange miteinander verbunden. Der Gedanke, durch ein "äußeres Skelett" eine sichere Fixierung zu erreichen, erscheint zunächst sehr überzeugend. Durch die zahlreichen Nägel, die zur Fixation nötig sind, werden die Gefahren der Infektion, Pseudarthrosenentstehung und Wachstumsstörungen dagegen vergrößert. Hoffmann betont zwar, daß er bei 90 Patienten, die mit der Osteotaxis behandelt wurden, keine Schraubeninfektion erlebt habe. Er sieht einen besonderen Vorteil darin, daß die Wunde ständig frei zugänglich ist und die Gelenke mobilisierbar bleiben.

3. Drahtumschlingung. Durch Umschlingung des Knochens mit einem oder mehreren an ihren Enden zusammengedrehten Drähten wird eine Fixierung der Fragmente erreicht. Man verwendet sie nur in seltenen Fällen, wie z. B. beim Flötenschnabelbruch der Tibia und anderen Schrägbrüchen der langen Röhrenknochen, wenn man mit konservativen Methoden nicht auskommt. Zur Fixierung von Spantransplantaten wird sie öfter gebraucht. Auch bei der Drahtumschlingung können Ossifikationsstörungen auftreten.

Die eigentliche Drahtnaht mit vorgebohrten Kanälen ist in den meisten Fällen unzureichend. Eventuell wird sie bei Frakturen mit Diastase, wie z. B. bei der Olecranonfraktur, oder kombiniert mit anderen Methoden verwendet.

4. Marknagelung nach Küntscher. Der Küntschernagel besitzt einen V-förmigen Querschnitt. Am Nagelende ist eine Öse zum Herausziehen, die Spitze ist angeschäftet und gerundet. Man unterscheidet zwischen gedeckter und offener Marknagelung. Bei der gedeckten Marknagelung wird die Markhöhle entfernt von der Bruchstelle eröffnet und der Nagel unter Röntgenkontrolle in das distale Fragment eingeschlagen, bis Stabilität der Fraktur erreicht ist. Die offene Marknagelung hat den Vorteil, daß das distale Bruchstück unmittelbar eingestellt werden kann und der Nagel direkt hineingeschlagen wird. Die Gefahr der Infektion ist dabei natürlich wesentlich größer.
Die Marknagelung beim Kind wird von vielen Autoren abgelehnt. Infektion, verzögerte Kallusbildung und Pseudarthrosen sind häufig auftretende Komplikationen. Blount hält die Marknagelung außerdem für eine unnötige Belastung durch Narkose, Operation und Traumatisierung der Markhöhle. Demgegenüber ist es unwesentlich, daß Klinikaufenthalt und Nachbehandlung verkürzt sind. Die Gefahr der Versteifung durch den ruhigstellenden Verband und andere Komplikationen, die durch das lange Liegen bedingt sind, wie Pneumonie und Kreislaufstörungen, spielen beim Kind keine Rolle.

5. Rush-Pin. Er unterscheidet sich vom Küntschernagel durch seine Längselastizität, durch die er sich beim Einschlagen den physiologischen Krümmungen des Knochens anpassen kann. Die Fixation der Bruchstücke wird durch eigene dynamische Kräfte und unter Zuhilfenahme der Muskelkräfte erreicht, während der Küntschernagel durch die Masse wirkt, die in der Markhöhle verklemmt wird. Der Querschnitt des Pins ist rund; die schlittenförmige Spitze gleitet an der Markhöhlenwand entlang und kann die Corticalis nicht durchbohren. Das Ende ist hakenförmig, damit es sich nicht drehen und herausrutschen kann. Die Extraktion soll leichter sein als bei der Öse des Küntschernagels. Für gebogene Knochen nimmt man einen geraden Pin, für gerade Knochen entsprechend einen gebogenen. Dadurch wird an drei Punkten der Markhöhlenwand ein Druck erzeugt und werden die Fragmente fixiert. Noch bessere Erfolge zeigt in vielen Fällen die Doppelnagelmethode, vor allem zur Fixation gelenknaher Brüche, weil durch die zwei Nägel eine sehr gute dynamische Verspannung erreicht wird. In diesem Fall wird der Rush-Pin auch von Hackethal anerkannt, der im übrigen aber einen zu dünnen Küntschernagel noch für vorteilhafter hält. Er kritisiert das runde Querschnittsprofil, das keine Stabilisierung gegen Torsionskräfte ermöglicht, die Nagelspitze und die Krümmung des Nagelendes, die bei vollständigem Einschlagen die Spannung des Nagels erheblich vermindere. Ein Vorteil des Pins liegt in der freien Wahl der Einschlagstelle. Es kann dadurch eine Verletzung der Epiphyse vermieden werden. Trotzdem soll auch beim Pin die Indikation bei Kindern sehr eng gestellt werden, und man soll ihn, sobald es die Heilung erlaubt, wieder entfernen.

6. Kirschner-Draht. Er wird intramedullär und percutan angewendet. Das Einbohren und die Entfernung des Drahtes sind einfach im Vergleich zu anderen Methoden. Eine zusätzliche Fixierung im Gipsverband ist nötig, um eine sichere Konsolidierung der Fragmente in der korrigierten Stellung zu erreichen.
Man gebraucht den Kirschnerdraht bei Kindern sehr gern, da die Handhabung einfach ist und relativ ungefährlich. Für die Behandlung von Unterarmbrüchen mit Neigung zu Verschiebung hat sich die Methode besonders bewährt.

7. Zuelzerklammer. Bei der Zuelzerklammer handelt es sich um eine Metallplatte mit zwei hakenförmig aufgebogenen spitzen Enden. Das abgerissene Fragment wird von diesen Haken umfaßt und fest an die Bruchfläche adaptiert. Die Platte wird am Knochenschaft angelegt und festgeschraubt. Die Schrauben sollen bis zur gegenüberliegenden Corticalis reichen, um eine feste Osteosynthese zu gewährleisten. Man verwendet die Gabelklammer bei Frakturen des Knöchels und des Olecranons. Ein Vorteil der Methode besteht darin, daß das Bruchstück nicht durchbohrt zu werden braucht. Bei Kindern sollte sie wegen der Gefahr der Epiphysenschädigung gar nicht angewendet werden, sondern grundsätzlich erst in einem Alter, wo nicht mehr mit einschneidenden Wachstumsschüben zu rechnen ist.

8. Autoplastische Spantransplantation. Die Operation setzt sich aus drei Abschnitten zusammen: dem Herrichten des Spanbettes (bei der Pseudarthrosenbehandlung kommt die radikale Entfernung der Pseudarthrose hinzu), der Entnahme des Transplantats und dem Einlassen des Spanes in das vorbereitete Spanbett. Das überschüssige Periost wird vernäht. Es wird am besten ein Eigenspan zur Behandlung der Pseudarthrose verwendet, wie es A.N. Witt in seiner Monographie immer wieder betont. Man nimmt das Transplantat möglichst von einem gesunden Knochenabschnitt, weil es durch seine eigene Regenerationskraft schneller Anschluß in dem Spanlager bekommt und den Umbau besser übersteht. Die Spantransplantation hat sich besonders bei der Pseudarthrosenbehandlung bewährt, bei der man mit konservativen Methoden wenig Erfolg hat. Auch bei komplizierten und zur Pseudarthrose neigenden Frakturen ist die Spananlagerung von großem Wert. Der Span wirkt als Reiz auf die Knochenneubildung und überbrückt gleichzeitig einen eventuell bestehenden Defekt. In einigen Fällen muß man ihn mit einer Metallosteosynthese kombinieren. Man nimmt meistens den Marknagel, da dieser die wenigsten Veränderungen am Transplantat und am Knochen bewirkt. Die zusätzliche Nagelung sollte aber nur bei einwandreien Knochenverhältnissen durchgeführt werden. Im allgemeinen genügt das Spantransplantat ohne zusätzliche Metallfixation.

III b) Die Gefahren sind zahlreich, die durch die Osteosynthese für den Jugendlichen, und in verstärktem Maße für das Kind, entstehen. Böhler, Blount, Ehalt, Rettig, Cotta und verschiedene andere Autoren betonen, daß Infektion, Operationsschock, Schädigungen durch den Fremdkörper, verzögerte Kallusbildung und

Pseudarthrosen nicht immer zu vermeiden sind. Auch Fehlstellung durch ungleiches Wachstum findet man häufig.

Die Verwendung von Antibiotica setzt die Gefahr einer Wundinfektion und postoperativen Osteomyelitis zwar weitgehend herab; wegen der Zunahme resistenter Keime kann man sich auf ihre Wirksamkeit jedoch nicht mehr unbedingt verlassen (Fall 5; Fall 11, Abb. 6a, 6b). Wenn eine derartige Komplikation auftritt, ist der jugendliche Organismus besonders gefährdet: Der Gefäßreichtum, die weite Lichtung der Kapillaren, die physiologische Hyperämie und die Blutstromverlangsamung an den Metaphysen begünstigen die Ausbreitung der Bakterien außerordentlich. Es kann zu einer schweren Osteomyelitis kommen, die der akuten, hämatogen entstandenen entspricht und die zu irreparablen Schäden führen kann. Außer den damit verbundenen Anforderungen an den Organismus bedeutet jede Infektion auch eine verzögerte Konsolidation des Bruches. - Die Möglichkeit, den Fremdkörper entfernt von der Bruchstelle und ohne Eröffnung derselben einzuführen, hat die Gefahr herabgesetzt, aber ganz auszuschließen ist sie auch hierbei nicht. Wegen der erhöhten Infektionsneigung des Kindes lehnen viele Autoren die Marknagelung ab. Böhler nagelt vor dem 16. Lebensjahr überhaupt nicht, Schüttemeyer und von Schleyer verwenden den Marknagel auch nur ausnahmsweise. Max Lange weist auf die Spätosteomyelitis hin und meint, es käme öfter zur Infektion, als man im allgemeinen annähme. Raisch hat bei seinen Tierexperimenten (geschlossene Marknagelung bei Meerschweinchen) in 10 % schwere Infektionen gefunden: Markphlegmonen, Abszesse und Spontanausstoßung des Nagels.

Eine weitere Komplikation bedeutet es für das Kind, wenn bei Operationen die Epiphyse verletzt wird (Fall 3, Abb. 1b). Wenn ein Nagel oder Draht quer in die Wachstumsfuge gebohrt wird, können sich vorzeitiger Epihphysenschluß und Wachstumsstillstand ergeben. Wenn die Epiphyse nur teilweise verletzt wird, resultieren Deformitäten, die im Laufe der Zeit immer stärker werden können. Auch die Marknagelung beeinflußt die Epiphyse, und zwar hat Raisch bei seinen Versuchen an Meerschweinchen im Wachstumsalter Veränderungen festgestellt, die nur durch den Marknagel verursacht sein konnten. Diese waren umso größer, je näher das Nagelende an der Epiphysenlinie lag. Er fand Nekrosenbezirke zwischen Nagel und Epiphyse, die durch den auf das Epiphysengebiet fortgeleiteten Druck des Marknagels hervorgerufen worden waren. Er hält diese Schäden für irreparabel und lehnt die Marknagelung beim Kind deswegen ab. Schneider untersuchte 19 Fälle, die er mit dem Marknagel behandelt hatte, und fand im Röntgenbild bei allen Veränderungen am Knochen, u.a. Deformitäten der Epiphyse und vorzeitige Verschmelzung der Wachstumsfugen. Funktionell jedoch waren die Ergebnisse einwandfrei. Trotzdem ist er mit der Indikation sehr zurückhaltend.

Mit verzögerter Heilung und Pseudarthrosen muß man bei operativem Vorgehen wesentlich häufiger rechnen als bei der konservativen Frakturbehandlung. Pseudarthrosen bilden sich oft nach unsachgemäßer Versorgung, nach Entfernung des Hämatoms und

der Gewebstrümmer, wenn ungenügende Drahtnähte oder zu kurze Nägel verwendet werden. Aber in den Methoden der Osteosynthese selbst liegt ebenfalls die Möglichkeit zur Entstehung einer Pseudarthrose. Bei der Verwendung von Metall am kindlichen Organismus sind Schwierigkeiten zu erwarten, weil man einen starren Körper an ein wachsendes, sich in ständigem Umwandeln begriffenes Gewebe heranbringt (Fall 2; Fall 5; Fall 9, Abb. 4; Fall 10, Abb. 5). Entweder wird es in der Weiterentwicklung gehemmt, oder es kommt zu einem überschießenden Prozeß. Häufig überwuchert die Compacta des wachsenden Knochens den Draht oder die Platte. In der Umgebung des Metalls entsteht eine rarefizierende Ostitis (Fall 8, Abb. 3), die zur Schwächung des Knochens führt und damit zur Möglichkeit der Refraktur, der verzögerten Kallusbildung und Pseudarthrose. Arrosionsprozesse an den Schrauben und an der Corticalis, wie sie vor allem bei der Lane'schen Platte und der Osteotaxis vorkommen, sind häufig die Ursache für derartige Störungen (Fall 5, Fall 24). Sie verhindern außerdem das zur Resorption notwendige Aneinanderrücken der Bruchstücke und wirken damit ungünstig auf die Kallusbildung. Auch bei der Marknagelung stellen verschiedene Autoren fest, daß die Kallusbildung verzögert wird. Die Annahme, daß der Nagel als Reiz für die Knochenneubildung wirkt, hat sich nicht bestätigt. Bei der Cerclage findet man ebenfalls Wachstumsstörungen am Knochen. Der Draht wirkt hemmend auf die Kallusbildung (Fall 7, Abb. 2), er wird besonders schnell von der Compacta überwuchert. Raisch stellte fest, daß durch die Umschnürung an der Corticalis eine deutliche druckatrophische Rinne entsteht. Man darf den Draht daher nicht zu lange im Gewebe liegen lassen. Überhaupt sollten alle metallischen Fremdkörper entfernt werden, sobald es die Heilung erlaubt. Lange weist darauf hin, daß Draht selten Anlaß zu Eiterungen gibt. Wenn sich aber eine kleine Wundstörung bildet, kann sie durch den Draht aufrecht erhalten werden.

Das alles gibt Veranlassung, mit der metallischen Osteosynthese bei Kindern möglichst zurückhaltend zu sein. Wenn in einigen Fällen doch einmal operiert werden muß, so kommt nur eine möglichst schonende temporäre Osteosynthese in Betracht, damit die weitere Entwicklung des Knochens nicht gestört wird.

III c) Am Unterarm und am Unterschenkel können operative Maßnahmen angezeigt sein wegen der besonderen Verhältnisse, die durch die Doppelknochen entstehen. Bei Verschiebungen, die sich nicht korrigieren lassen, besteht die Möglichkeit, daß sich Brükkenkallus bildet oder daß es zu narbigen Verwachsungen kommt. Synostosen sind besonders dann zu erwarten, wenn beide Knochen in gleicher Höhe gebrochen sind. Aus diesem Grund wirken sich hier auch Verschiebungen zur Seite ungünstig aus im Gegensatz zu Frakturen anderer Knochen. Die Beweglichkeit wird aufgehoben oder zumindest eingeschränkt, durch Belastung der Frakturen kann es zur Bildung einer Pseudarthrose kommen. Ebenso wird bei Fehlstellungen der Fragmente mit Achsenknickung, ohne daß es zur Bildung von Brückenkallus kommen muß, die Bewegungsmöglichkeit, speziell die der Rotation, stark vermindert. Die Gefahr der

Entstehung von Pseudarthrosen durch Fehlbelastung ist sehr groß. Diese Gesichtspunkte sind wichtig für die Behandlung der Unterarm brüche. Am Unterschenkel ist die Entstehung von Brückenkallus zwar ohne Einfluß auf die Beweglichkeit; die abfedernde Widerstandsfähigkeit der Knöchelgabel wird aber aufgehoben. Achsenknickungen sollte man also auch hier möglichst ausgleichen, während Seitenverschiebungen und geringgradige Verkürzungen sich am Bein eher günstig auswirken, weil sie das Längenwachstum kompensieren, das durch den Reiz der Fraktur hervorgerufen wird. Wenn sich Verschiebungen von Bruchenden konservativ nicht reponieren lassen, können diese möglichen Komplikationen eine Indikation zur operativen Stellung und zu einer Metallfixierung sein. In den meisten Fällen genügt ein Kirschner-Draht, der in die Markhöhle des Knochens eingeführt wird.

Bei Brüchen in Gelenknähe besteht noch eher die Gefahr der Funktionseinschränkung. Am Ellenbogen ist außer der Rotation die Beugung und Streckung des Unterarms betroffen. Bei Frakturen mit stark abgeknicktem Radiusköpfchen oder bei Olecranonbrüchen ist darauf zu achten. Die Brüche des Olecranons haben die Tendenz zum Auseinanderweichen. Es ist daher in vielen Fällen angebracht, wenn auch nicht in der weiten Indikation wie beim Erwachsenen, den Ellenhaken mit einem Kirschner-Draht, einer Schraube, einem Nagel oder einer Klammer zu fixieren. Bei operativem Vorgehen am Radiusköpfchen findet man als Spätfolgen häufig Verknöcherungen um das Köpfchen herum, Einschränkung der Rotation oder Schädigungen des N. radialis. Auf keinen Fall sollte man bei einem Kinde das Radiusköpfchen resezieren. Bei starker Dislokation kann man es nach der Reposition eventuell mit einem Kirschner-Draht, der transarticulär eingeführt wird, in seiner Stellung halten. In besonderem Maß neigen Monteggiafrakturen zu Komplikationen, weil es sich neben der Fraktur der Ulna um eine Luxation des Radiusköpfchens handelt. Es kann zu Reluxationen und zu Verschiebungen der Fraktur kommen. Daher ist es manchmal angebracht, die Ulna mit einem durch das Olecranon geschlagenen Marknagel zu stabilisieren. Jedoch sollte immer erst versucht werden, mit konservativen Maßnahmen auszukommen. Gerade bei einer Monteggiafraktur hat Böhler nach der operativen Versorgung Brückenkallus und Verknöcherungen um das Speichenköpfchen herum beobachtet. Eine Notwendigkeit zur blutigen Reposition und zur anschließenden Osteosynthese besteht seiner Ansicht nach nur, wenn die Ulna mit starker Achsenknickung verheilt ist. Das Radiusköpfchen kann gegebenenfalls reseziert werden, wenn das Kind erwachsen ist.

Die veralteten, in Fehlstellung verheilten Frakturen stellen überhaupt ein weites Indikationsgebiet für die Osteosynthese dar, besonders am Unterarm, wo die einwandfreie Ausheilung für die Funktion der gesamten oberen Extremität von großer Bedeutung ist.

Am Unterschenkel kommen hauptsächlich Brüche der Tibia in Betracht. Bei Jugendlichen über 15 Jahren kann bei Schrägbrüchen mit stärkerer Fehlstellung einmal eine Cerclage indiziert sein. Wenn es sich um einen Querbruch handelt, der keine Tendenz zur

Heilung zeigt, wird eventuell ein Marknagel verwendet, aber die Gefahr der Infektion und der verzögerten Kallusbildung ist dabei am Unterschenkel besonders groß. Die besten Ergebnisse hat man dabei, wenn zusätzlich ein Span angelagert wird. Abrißfrakturen des Volkmannschen Dreiecks oder der Tuberositas tibiae, die beim Kind und beim Jugendlichen kaum vorkommen, werden bei stärkerer Dislokation mit einem Kirschner-Draht, einer Schraube oder einem Nagel fixiert. Knöchelfrakturen sind sehr selten bei Kindern. Sie erfordern eine exakte Reposition. Unter Umständen muß der Knöchel blutig gestellt und mit einem Kirschner-Draht fixiert werden. Grob warnt allerdings vor operativen Eingriffen, weil die Gefahr der Epiphysenschädigung zu groß sei. Bei Epiphysenlösungen sollten operative Maßnahmen ebenfalls möglichst vermieden werden, obwohl eine anatomische Wiederherstellung angestrebt werden muß. Wenn die Wachstumsfuge geschädigt ist, kann es leicht zu Fehlstellungen und schweren sekundären Schäden am Gelenk kommen.

Pseudarthrosen stellen eine weitere Indikation zur Osteosynthese dar. Sie sind bei Kindern außerordentlich selten wegen der Regenerationsfähigkeit des wachsenden Knochens. Infektion oder zu frühe Belastung der Fraktur, unsachgemäße Behandlung sind in den meisten Fällen die Ursache. Auch die Verwendung einer Metallosteosynthese kann gerade bei Kindern zu Pseudarthrosen führen.

An paarigen Knochenabschnitten besteht die Möglichkeit, daß der eine nicht gebrochene Knochen eine sperrende Wirkung auf den anderen ausübt. Ulna und Tibia sollen bevorzugt für verlangsamte Kallusbildung und für das Zustandekommen von Pseudarthrosen sein. Am Unterarm wird die Entstehung von Pseudarthrosen durch die gelenkmechanischen Bedingungen und die starken Bewegungseinflüsse begünstigt. Jede Achsenknickung beeinträchtigt die funktionelle Belastung und wirkt ungünstig auf die Kallusbildung.

Bei einfachen Pseudarthrosen ohne Defekt, die in End-zu-End-stellung zueinander stehen, genügt die einfache Anfrischung der Pseudarthrose und Ineinanderstellung mit gleichzeitiger Resektionsosteotomie des zweiten Knochens. Sonst ist die Methode der Wahl, besonders bei Kindern, die im allgemeinen gute Einheilungsbedingungen zeigen, die autoplastische Spantransplantation. Der Span überbrückt den Defekt und wirkt als Reiz bei primärer Kallusschwäche. In seltenen Fällen, z. B. bei einem querverlaufenden Pseudarthrosenspalt kann man die Spantransplantation mit einer Marknagelung kombinieren. Es ist aber zu berücksichtigen, daß die Gefährdung für das Kind dabei größer wird. Der Span allein zeigt in den meisten Fällen so gute Ergebnisse, daß man keine weiteren Hilfsmittel nötig hat. Pseudarthrosen des inneren Knöchels, die wegen der ungünstigen anatomischen Gegebenheiten des Knöchels relativ häufig vorkommen, kann man, ebenso wie die Olecranonpseudarthrose, mit der Zuelzerklammer behandeln. Bei Kindern ist aber auch hier eventuell, wegen der Gefahr der Epiphysenschädigung, die Behandlung mit einem Knochenspan vorzuziehen.

IV. Der vorliegenden Arbeit liegen 29 Krankheitsverläufe aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Freien Universität Berlin im Oskar-Helene-Heim aus den Jahren 1950 - 1959 zugrunde. Es handelt sich um Verletzugen des Unterarms und Unterschenkels bei Kindern und Jugendlichen bis zum 18. Lebensjahr, die mit einer Osteosynthese versorgt wurden. Der jüngste Patient war 7 Jahre alt, vier weitere unter 12 Jahren, die übrigen im Alter zwischen 12 und 18 Jahren. Die operative Behandlung der Frakturen wurde beim Unterarm wesentlich häufiger durchgeführt als beim Unterschenkel (20 : 9 ).

In der folgenden Zusammenstellung beziehen sich die eingeklammerten Ziffern auf die später angeführten Krankengeschichten. 16 von den 29 Patienten wurden in den ersten 3 Wochen nach dem Unfall operiert. Es handelte sich um 5 konservativ nicht reponierbare doppelte Unterarmbrüche im distalen Drittel (3) (4) (6) (15) (20) und um 3 ebenfalls konservativ nicht reponierbare doppelte Unterarmbrüche im mittleren Drittel (2) (14) (16), um 2 Frakturen des Radiusköpfchens mit starker Verschiebung (17) (18), 2 Olecranonfrakturen mit Diastase (22) (23), 3 Tibiafrakturen (1) (7) (8) und eine Abrißfraktur des Volkmannschen Dreiecks (21).

13 Patienten kamen mit Spätfolgen zur Behandlung: 3 mit doppelten, in Fehlstellung verheilten Unterarmbrüchen (9) (12) 19), einer mit einer Verschiebung der distalen Radiusepiphyse, die nicht reponiert worden war (29), einer mit einer veralteten Monteggiafraktur (5), einer mit einer 2 Monate alten Tibiafraktur ohne Kallusbildung (11). Bei den übrigen handelte es sich um eine Pseudarthrose des Radius (25), 2 Pseudarthrosen der Ulna (10) (13), 2 Pseudarthrosen der Tibia (26)(27) und 2 Pseudarthrosen des medialen Knöchels (24)(28).

Für die Behandlung wurden Osteotaxis, Cerclage, Marknagel nach Küntscher, Kirschner-Draht, Zuelzerklammer und Span verwendet. Die Lane'sche Platte und der Rush-Pin fanden keine Anwendung.

Osteotaxis: Sie wurde in 5 Fällen durchgeführt. Bei einem 16 jährigen Jungen, der wegen einer frischen Tibiafraktur mit Achsenknickung zur Behandlung kam, waren der Verlauf und die Heilung einwandfrei. Das Bein war nach 2 Monaten belastungsfähig, die Fragmente standen gut. Die Schrauben wurden 2 Monate nach der Operation entfernt (1). Ein 13 jähriges Mädchen und zwei 16 jährige Jungen wurden wegen kompletter Unterarmbrüche mit starker Verschiebung mit einer Osteotaxis versorgt. Bei dem Mädchen war die Kallusbildung deutlich verzögert (2). Die Schrauben blieben 3 Monate liegen. Bei den beiden anderen waren die Brüche nach 2 Monaten klinisch fest. In dem einen Fall lag eine der Schrauben

direkt in der Wachstumsfuge, die Schrauben wurden nach einem Monat entfernt. Bei der Nachuntersuchung ergab sich, daß die Bewegungen des Handgelenks und die Rotation leicht eingeschränkt waren (3) Abb. 1a, 1b. Bei dem anderen ging die Schraube gerade an der Epiphysenfuge vorbei. Der Heilungsverlauf und das Ergebnis waren einwandfrei (4). Komplikationen traten bei einem 16 jährigen Jungen mit einer veralteten Monteggiafraktur auf; das Radiusköpfchen war nicht reponiert worden, die Fraktur der Ulna hatte sich zu einer Pseudarthrose entwickelt. 15 Monate nach dem Unfall erfolgte die Resektion des Radiusköpfchens, die Pseudarthrose wurde mit einer Osteotaxis versehen. Eine der Schrauben verursachte nach 4 Wochen eine Eiterung und mußte entfernt werden; die übrigen wurden 2 Wochen später entfernt, nachdem sie sich gelockert hatten. Im weiteren Verlauf zeigte sich keinerlei Kallusbildung, die Pseudarthrose blieb bestehen. Der Patient wurde später mit einem Marknagel behandelt, es bildete sich Kallus, die Funktionstüchtigkeit des Armes wurde jedoch nicht wiederhergestellt (5).

Cerclage: Sie wurde in 6 Fällen angewendet, z. T. jedoch nur zur Befestigung eines Spantransplantats (13) (10)(25). Dabei zeigten sich keinerlei Reaktionen. Bei einem 12 jährigen Mädchen mit einem doppelten Unterarmbruch wurde der Radius mit einer Cerclage fixiert, die Ulna mit einem Kirschnerdraht, der intramedullär eingeführt wurde. Die Fraktur war nach 2 Monaten fest. Die Patientin will im September 1959 zur Entfernung der Drähte kommen, die Funktion des Armes ist einwandfrei (6). Von zwei Kindern, die zur Entfernung der Drahtumschlingungen in die Poliklinik kamen, zeigte sich bei dem 8 jährigen Mädchen deutlich verzögerte Kallusbildung: nach 4 Monaten war die Fraktur noch nicht knöchern durchbaut. Es bestand trotz der Cerclagebehandlung eine Valgusstellung im Bereich der Tibiafraktur (7) Abb. 2. Bei dem 12 jährigen Jungen entstand um den Draht eine rarefizierende Ostitis, die Drahtschlingen wurden von der Corticalis völlig eingemauert (8) Abb. 3. Es wurde bei beiden von einer Entfernung des Drahtes abgesehen, da sich das funktionelle Ergebnis bei den folgenden Kontrollen weitgehend gebessert hatte.

Marknagel: Mit der Marknagelung nach Küntscher wurden 6 Patienten behandelt, die bis auf ein Mädchen von 13 Jahren alle über 16 Jahre alt waren. Es zeigten sich Komplikationen im Verlauf der Behandlung, das Ergebnis war in keinem Fall einwandfrei.

Bei dem 13 jährigen Mädchen, das wegen einer in Fehlstellung verheilten Unterarmfraktur mit einem Marknagel versorgt worden war, bildete sich eine Resorptionszone um den Nagel, die Fragmente waren 2 Monate nach der Operation auseinandergewichen. Nach 4 Monaten war die Osteotomiestelle noch nicht knöchern durchbaut. Eventuell wird eine zusätzliche Spantransplantation nötig sein (9) Abb. 4. Bei einem Patienten wurde eine offene Ulnafraktur primär mit einem Draht versehen. Da sich keine Kallusbildung zeigte, wurde sie nach 4 Monaten mit einem Küntschernagel und zusätzlicher Spananlagerung behandelt. Nach einem Jahr wurde eine Röntgenkontrolle durchgeführt, weil immer noch Beschwerden be-

standen. Es ergab sich eine Defektpseudarthrose mit Fehlstellung der Fragmente, der Nagel war im Pseudarthrosenbereich gebrochen. Nach einer daraufhin vorgenommenen Spantransplantation zeigte sich gute Kallusbildung, die laufend zunimmt (10) Abb. 5. Ein Patient mit einer alten Monteggiafraktur wurde mit einem Marknagel versehen, nachdem die Osteotaxisbehandlung der Ulnapseudarthrose ohne Erfolg geblieben war und die Beschwerden sich verstärkt hatten. Im Anschluß an die Marknagelung kam es zu einer eitrigen Sekretion der Wunde. Der Nagel wurde nach 1/2 Jahr wieder entfernt. Es hatte sich eine breite Kallusbrücke gebildet, aber die Beweglichkeit war immer noch erheblich eingeschränkt. Sie hat sich bis heute, 8 Jahre nach dem Unfall, nicht gebessert. Die Streckmöglichkeit ist durch die Verwachsungen der Operationsnarbe reduziert (5). Bei einer Tibiafraktur, die 2 Monate nach dem Unfall noch keinerlei Kallusbildung aufwies, wurde die Marknagelung durchgeführt und zusätzlich ein Span angelagert. Nachdem man zuerst den Eindruck hatte, daß die Heilung ohne Besonderheiten verliefe, zeigte sich 2 Monate nach der Operation eine starke eitrige Sekretion der Operationswunde. Der Nagel wurde nach 5 Monaten entfernt. Das Bein war 6 Monate nach der Operation belastungsfähig; die nach der Marknagelung entstandene Osteomyelitis ist bis heute, 4 Jahre später, noch nicht ausgeheilt (11) Abb. 6a, 6b. Bei den zwei übrigen Patienten ergaben sich zwar keine Komplikationen, aber die Beweglichkeit des Armes war trotz der Behandlung noch erheblich eingeschränkt. In einem Fall handelte es sich um eine in Fehlstellung verheilte Unterarmfraktur mit einer Beweglichkeit im Ellenbogengelenk zwischen $65^{o}$ und $160^{o}$, die Pronation war aufgehoben. 2 Monate nach der Operation zeigte sich gute Kallusbildung. Bei der Nachuntersuchung 3 Jahre später konnte der Patient bis $50^{o}$ beugen und bis $150^{o}$ strecken, die Pronation war frei, die Supination in Mittelstellung (12). Die andere Patientin kam mit einer Pseudarthrose der Ulna, die nach einer mit Kirschner-Draht behandelten Monteggiafraktur entstanden war. Die Beweglichkeit im Ellenbogengelenk lag zwischen $80^{o}$ und $140^{o}$ , Pronation und Supination waren aufgehoben. Behandelt wurde mit einem Marknagel und einem zusätzlichen Tibiaspan, der mit zwei Drähten befestigt wurde. 3 Monate nach der Operation war die Pseudarthrose knöchern fest, der Nagel wurde ein Jahr später entfernt. Bei der Nachuntersuchung 2 1/2 Jahre nach der Operation ergab sich eine Beweglichkeit von $70^{o}$ bis $160^{o}$, die Pronation war eingeschränkt, die Supination war frei (13).

Kirschner-Draht: Vier Patienten, drei im Alter von 12 Jahren und ein 18 jähriger, wurden mit einem Kirschner-Draht, der in die Markhöhle eingeführt wurde, versehen. Bei allen handelte es sich um doppelte Unterarmbrüche, bei denen es nicht gelang, die Fragmente zu reponieren und in guter Stellung zu halten. In zwei Fällen kam außerdem eine Fixation des zweiten Knochens durch einen percutanen Kirschner-Draht bzw. eine Cerclage dazu. Alle vier zeigten gute Ergebnisse, die Frakturen waren alle nach 2 Monaten knöchern fest. Die Drähte wurden nach 3, 6 und 12 Monaten gezogen. In einem Fall will die Patientin in den nächsten Monaten zur

Drahtentfernung kommen (14) (15) (16) Abb. 7a, 7b (6).

Bei zwei Patienten mit Frakturen des Radiusköpfchens wurde die Fraktur mit einem Kirschner-Draht, der durch die Oberarmkondylen und das reponierte Radiusköpfchen geführt wurde, fixiert. Es handelte sich um einen 9 jährigen und um einen 13jährigen Jungen. Der Draht wurde bei beiden nach 14 Tagen entfernt; nach 2 Monaten war der Bruch knöchern durchbaut, die Beweglichkeit war nach 3 Monaten fast vollkommen wiederhergestellt (17) Abb. 8a, 8b (18).

In drei Fällen wurde ein Kirschner-Draht percutan angewendet. Bei einem Patienten wurde die Ulna außerdem mit einem intramedullären Kirschner-Draht fixiert (16); der percutane Draht wurde nach 3 Wochen entfernt, da sich Brückenkallus zwischen Radius und Ulna bildete, der aber keine Funktionseinschränkung zur Folge hatte, Abb. 7b. Bei einem 14 jährigen Patienten mit einer alten, in Fehlstellung verwachsenen Unterarmfraktur wurden beide Knochen osteotomiert, und sowohl die Ulna wie auch der Radius mit einem Kirschner-Draht fixiert. Die Drähte wurden nach 2 Monaten entfernt. 3 Monate nach der Operation zeigte sich gute Kallusbildung, die Fragmente standen einwandfrei. Eine Nachuntersuchung war nicht möglich (19) Abb. 9a, 9b. Der dritte Patient, 15 Jahre alt, zeigte einen doppelten Unterarmbruch mit Beteiligung der Epiphyse. Wegen der Hautverletzungen wurde von einer operativen Stellung der Fraktur abgesehen und nur die Epiphyse der Ulna mit einem Draht transcutan fixiert, der Radius wurde konservativ gestellt. Das Ergebnis war einwandfrei (20).

Nagel: Bei drei Patienten wurde ein abgerissenes Fragment mit einem Nagel an den Knochen fixiert. Es verheilte bei allen in kurzer Zeit. In einem Fall handelte es sich um eine Fraktur des Malleolus tibialis (s. Schraube (24) ), in einem anderen um einen Abriß des Volkmannschen Dreiecks, das wegen starker Dislokation mit einem Nagel befestigt wurde. 2 Monate nach der Operation war die Funktion des Beines einwandfrei wiederhergestellt (21). Bei dem dritten Patienten wurde eine Fraktur des Olecranons durch einen in die Längsachse der Ulna geschlagenen 4 cm langen Nagel fixiert. Die Fraktur war nach einem Monat gut knöchern durchbaut. Nach 3 Monaten war das Gelenk frei beweglich (22).

Zuelzerklammer: Bei einem anderen Patienten wurde eine Olecranonfraktur mit einer Zuelzerklammer behandelt. Die Heilung zeigte den gleichen Verlauf wie in dem vorhergehenden Fall (23).

Schraube: Die Behandlung einer Gabelsprengung mit einer Schraube zeigte kein so gutes Ergebnis. Es handelte sich um ein 17 jähriges Mädchen. Außer der Gabelsprengung bestand eine Pseudarthrose des medialen Knöchels, der mit einem Nagel fixiert wurde und nach 6 Monaten knöchern fest verheilt war. Die Schraube wurde von der Fibula zur Tibia durchgestoßen und befestigt. 9 Monate nach der Operation zeigte sich im Röntgenbild ein deutlicher Aufhellungsbezirk. Die Beschwerden beim Laufen nahmen zu. Bei der Entfernung der Fremdkörper nach 2 Jahren ergab sich, daß die Gabelsprengung

noch bestand und das Gewebe um die Schraube herum eine Entzündung durchgemacht hatte. Eine Nachuntersuchung war nicht möglich (24).

Knochenspantransplantation: Mit einem autoplastischen Eigenspan wurden vorwiegend Pseudarthrosen behandelt. In zwei Fällen wurde der Span zusätzlich zur Marknagelung verwendet. Dabei kam es bei einem Patienten, der wegen verzögerter Kallusbildung einer Tibiafraktur behandelt wurde, zu einer Osteomyelitis (11), bei dem anderen Patienten mit einer Ulnapseudarthrose wurde die Funktion nicht völlig wiederhergestellt (13).

Bei zwei Patienten wurde der Span mit einer Cerclage befestigt. In einem Fall handelte es sich um eine Ulnapseudarthrose. Die Fraktur war mit einem Marknagel behandelt worden, der Nagel war gebrochen und es hatte sich eine Defektpseudarthrose in Schaftmitte ergeben. Nach der Spantransplantation zeigte sich gute knöcherne Durchbauung. Die Behandlung ist noch nicht abgeschlossen (10). Bei dem anderen Patienten handelte es sich um ein 8 jähriges Mädchen, bei dem dreimal hintereinander im Verlauf von 6 Monaten der linke Radius gebrochen war. Es zeigte sich, daß die Fragmente leicht pseudarthrotisch abgerundet waren. Sie wurden mit einem Spantransplantat behandelt, das mit 4 Drahtumschlingungen befestigt wurde. 3 Monate nach der Operation war der Radius knöchern fest. Bei der Nachuntersuchung ergab sich freie Beweglichkeit in allen Gelenken. Die Fraktur war in guter Stellung fest verheilt (25).

Die übrigen Patienten wurden ausschließlich mit einem Knochenspan behandelt. Sie zeigten, soweit man es verfolgen konnte, einwandfreie Ergebnisse. Es handelte sich um eine Tibiapseudarthrose bei einem 7 jährigen und bei einem 14 jährigen Jungen (26)(27) und um eine Pseudarthrose des medialen Knöchels bei einem 16 jährigen Jungen (28). Nach 2 Monaten zeigte sich bei allen dreien gute knöcherne Durchbauung des Spanes. In einem anderen Fall handelte es sich um eine verschobene Radiusepiphyse bei einem 11 jährigen Jungen, der erst nach 4 Wochen zur Behandlung kam. Die Epiphyse wurde nach der Osteotomie des Radius mit einem Tibiaspan verbolzt. 2 Monate später war das Handgelenk frei beweglich (29).

Die nachfolgende Tabelle soll einen kurzen Überblick über die Resultate geben, die bei der Behandlung mit der Osteosynthese erzielt wurden. Bei 8 Patienten wurden mehrere Behandlungsarten angewendet. Dadurch ergibt sich eine Differenz zwischen der Anzahl der in der Tabelle angeführten Fälle und der Anzahl der insgesamt behandelten Patienten.

5 Fälle, bei denen eine Methode eine nebensächliche Bedeutung hatte und nur zur Unterstützung einer anderen diente, wurden in der Tabelle nicht aufgeführt. Es handelt sich dabei um 3 Fälle, bei denen die Cerclage nur zur Befestigung des Spanes benutzt wurde (10) (13) (25). Bei 2 Fällen wurde ein Span zusätzlich zur Marknagelung angelagert (11) (13).

Mit einem zusätzlichen Zeichen versehen wurden die schlechten Endresultate, zum Unterschied von den Fällen, die nicht komplikationslos verliefen, aber trotzdem im Endresultat gut waren.

| | | Verlauf einwandfrei | | Verlauf nicht einwandfrei | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 7 - 16 J. | 16 - 18 J. | 7 - 16 J. | 16 - 18 J. |
| Osteotaxis | fr | | 1 4 | 2 3 | |
| | sp | | | | 5' |
| Cerclage | fr | 6 | | 7 8' | |
| | sp | | | | |
| Marknagel | fr | | | | |
| | sp | | | 9' | 5' 10' 11' 12' 13' |
| Kirschnerdraht intramedullär | fr | 6 14 15 | 16 | | |
| | sp | | | | |
| Kirschnerdraht transarticulär | fr | 17 18 | | | |
| | sp | | | | |
| Kirschnerdraht percutan | fr | 20 | | | 16 |
| | sp | 19 | | | |
| Nagel | fr | 22 | 21 | | |
| | sp | | 24 | | |
| Zuelzerklammer | fr | 23 | | | |
| | sp | | | | |
| Schraube | fr | | | | |
| | sp | | | | 24' |
| Span | fr | | | | |
| | sp | 25 26 27 28 29 | 10 | | |

fr = frühbehandelte Fälle sp = spätbehandelte Fälle ' = schlechtes Endresultat

Gute Resultate zeigen im allgemeinen die Frakturen, die frühzeitig zur Behandlung gekommen waren. Trotz Auftretens von Komplikationen in 5 von 18 Fällen kam es nur einmal zu einem schlechten Endergebnis. Die veralteten Fälle verliefen weit weniger günstig; von 16 heilten nur 8 einwandfrei aus. Hierbei muß allerdings berücksichtigt werden, daß diese Fälle unter schlechten Voraussetzungen zur Behandlung kamen. Es waren Frakturen, die z. T. keine Kallusbildung zeigten oder die primär nicht ausreichend versorgt worden waren.

Auch das Alter des Patienten hatte Einfluß auf den Ablauf der Heilung. Bei 20 ausgeführten Osteosynthesen bei Kindern unter 16 Jahren kam es nur bei zweien von ihnen zu nachhaltigen Komplikationen. 15 heilten einwandfrei aus, in 3 Fällen war der Heilungsverlauf etwas gestört, das Endergebnis aber ebenfalls gut. Bei den 16 - 18 jährigen war dagegen nur in 7 von 14 Behandlungen mit einer Osteosynthese das Ergebnis einwandfrei (von 10 Patienten wurden nur 3 in normaler Zeit wiederhergestellt). Die bemerkenswert günstigen Ergebnisse bei den jüngeren Patienten beruhen darauf, daß es vorwiegend frische Fälle waren und daß meistens schonende Behandlungsmethoden angewandt wurden.

Von den einzelnen Methoden erwies sich am erfolgreichsten die Behandlung mit dem Kirschner-Draht, sowohl intramedullär wie percutan und transarticulär (Abb. 7a, 7b; 8a, 8b; 9a, 9b). Alle damit behandelten Frakturen heilten einwandfrei und in spätestens 3 Monaten. Auch Nagel und Zuelzerklammer, die beide zur Anheftung von abgerissenen Knochenfragmenten verwendet wurden, zeigten gute Ergebnisse. Diese drei Methoden sind schonend und mit relativ wenig Belastung verbunden. Dasselbe gilt für die Spantransplantation. Sie ist die einzige Methode, bei der ein Reiz auf die Knochenbildung ausgeübt wird, und die im physiologischen Sinn wirksam ist. Die mit dem Span behandelten Patienten zeigten alle ein gutes Ergebnis.

Schlechter verliefen die Behandlungen mit Osteotaxis, Cerclage, Schraube und Marknagel, die in ihrer Anwendung ziemlich eingreifend sind. Die Osteotaxis ist immer mit einer gewissen Gefährdung verbunden. Von den 5 damit behandelten Patienten kam es bei zweien zu einer einwandfreien Heilung, bei dem einen ging die Schraube aber gerade an der Epiphysenfuge vorbei. Bei dem dritten Patienten lag eine der Schrauben direkt in der Wachstumsfuge (Abb. 1b), der vierte zeigte verzögerte Kallusbildung, bei dem letzten bildete sich kein Kallus und es kam zu einer Infektion. - Bei der Cerclage muß man vor allem darauf achten, daß der Draht nicht zu lange im Gewebe liegen bleibt. Es kam dadurch in einem Fall zu einer rarefizierenden Ostitis, die Drahtschlingen wurden von der Compacta des Knochens umschlossen (Abb. 3). In dem anderen nicht komplikationslos verlaufenen Fall war die Kallusbildung verzögert (Abb. 2). – Auch bei der Schraube ist das schlechte Endergebnis wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß das Metall nicht rechtzeitig entfernt wurde und eine Entzündung im Knochen hervorgerufen hat. - Die mit dem Marknagel behandelten Patienten zeigten sämtlich ungünstige Resultate. Es handelte sich allerdings von vorneherein um

komplizierte Fälle. Bei einem kam es zu einer Infektion und Osteomyelitis (Abb. 6a, 6b). Zwei andere zeigten Reaktionen am Knochen, die zur Entstehung von Pseudarthrosen führten, bei einem von ihnen brach der Nagel (Abb. 4, 5). In einem weiteren Fall kam es zu einer postoperativen Eiterung, die Fraktur heilte zwar aus, die Funktion wurde aber, ebenso wie bei zwei anderen Patienten, durch die Behandlung nicht wesentlich besser (vielleicht wären mit mehr Energie von seiten der Patienten günstigere Ergebnisse erzielt worden).

Zusammenfassend kann man sagen, daß bei frühzeitig behandelten Fällen, vornehmlich bei Jugendlichen unter 16 Jahren und bei Verwendung von möglichst schonenden Methoden die besten Resultate erzielt worden sind. Diese Feststellung darf aber nicht dazu führen, die Osteosynthese namentlich bei Jugendlichen ohne sorgfältige Prüfung anzuwenden. Je jünger das Kind ist, umso enger ist die Indikation zu stellen. Die Gefahren, die auch bei günstigen Bedingungen auftreten könnten, dürfen nicht unterschätzt werden.

Osteotaxis

(1) K. H. R. geb. 11. 6. 36. - Am 6. 7. 52 zog sich der Patient eine Tibiafraktur im distalen Drittel zu. Ein halbes Jahr vorher war eine Unterschenkelfraktur an der gleichen Stelle konservativ behandelt worden und ausgeheilt. Bei der Aufnahme am 12. 7. 52 bestand eine Achsenknickung im Recurvations- und Valgussinn. Wegen der Fehlstellung wurde 1 Woche später eine Osteotaxis angelegt. Nach 1 Monat zeigte sich gute Kallusbildung und gute Stellung der Fragmente. Die Schrauben wurden 2 Monate nach der Operation entfernt, die Fraktur war fest. Die Nachuntersuchung ergab eine einwandfreie Funktion.

(2) B. F. geb. 31. 5. 40. - Am 22. 9. 53 stürzte die Patientin beim Rollschuhlaufen und brach sich den rechten Unterarm. Es handelte sich um eine Querfraktur beider Knochen im mittleren Drittel mit Dislokation in allen Ebenen und Kontraktion. Auf Grund des Röntgenbefundes wurde von Repositionsversuchen abgesehen. Am 26. 9. wurde eine Osteotaxis der Ulna durchgeführt. Der Radius wurde operativ gestellt, die Fragmente wurden verzahnt. Bei der Röntgenkontrolle - 6 Wochen später - zeigte sich keinerlei Kallusbildung, das distale Ulnafragment war um eine halbe Schaftbreite verschoben. Die Schrauben lagen reizlos im Gewebe. Am 7. 1. wurden sie entfernt. Im Röntgenbild zeigte sich eine zarte Kallusspindel und beginnende Strukturierung. Im oberen Schraubengang und in der unteren Schraubengruppe fand sich eine mächtige periostale Verdickung. 5 1/2 Monate nach der Operation war die Fraktur klinisch fest, es bestand ein periostaler Reizsaum. Am 13. 5. war nur die Pronation noch eingeschränkt, alle anderen Bewegungen waren frei. Bei der Nachuntersuchung zeigte sich keinerlei Unterschied zum gesunden Arm.

(3) W. Sch. geb. 18. 7. 37. - Am 16. 6. 52 war der Patient auf die rechte Hand gefallen und hatte sich beide Knochen des Unterarms im distalen Drittel gebrochen. Es bestand eine Achsenknickung von 150°, Seitenverschiebung und Verkürzung. Nach einem Repositionsversuch zeigte sich immer noch eine Seitenverschiebung beider Knochen um Schaftbreite. Daraufhin wurde am 21. 6. die Operation durchgeführt. In beide Fragmente von Radius und Ulna wurden je 2 Schrauben eingeschraubt. Wegen Weichteilinterposition mußte der Radius blutig gestellt werden. Bei der Röntgenkontrolle am 15. 7. zeigte sich deutlich beginnende Kallusbildung, die Fraktur stand gut. Eine Schraube lag in der distalen Radiusepiphyse. Die Schrauben wurden einige Tage später entfernt. 2 Monate nach der Operation war der Radius fest verwachsen, die Ulna jedoch erst nach weiteren 4 Wochen. Die Nachuntersuchung ergab, daß die Dorsal- und Plantarflexion, ebenso die radiale und ulnare Abweichung des Handgelenks in den Endphasen leicht eingeschränkt waren, die Supination betrug 45°, die Pronation 35° (Abb. 1a, 1b).

(4) W. M. geb. 3. 1. 37. - Am 8. 2. 53 fiel der Patient wegen Straßenglätte hin und zog sich einen doppelten Unterarmbruch rechts zu. Die Fraktur wurde sofort reponiert und mit einem Gipsverband versehen. Die Röntgenkontrolle ergab Seitenverschiebung des Radius in Schaftbreite und der Ulna um eine halbe Schaftbreite. Daraufhin wurde am 14. 2. der Radius mit einer Osteotaxis versorgt. Die Frakturstelle mußte eröffnet und eine Knochenzacke entfernt werden. 6 Wochen später zeigte sich gute Kallusbildung und gute Stellung der Fragmente. Die Schrauben lagen reizlos im Gewebe. Am 14. 4. wurden sie entfernt. Der Bruch war knöchern überbrückt. 3 Monate nach der Operation waren Beugung und Streckung frei, die Rotation noch eingeschränkt. Bei der Nachuntersuchung ergab sich freie Beweglichkeit in allen Gelenken.

(5) K. J. H. geb. 7. 6. 36. - Am 17. 5. 51 zog sich der Patient bei einem Sturz auf den linken Ellenbogen eine Monteggiafraktur zu. Der Bruch wurde 8 Wochen im Gipsverband ruhiggestellt. Da die Beschwerden immer stärker wurden, kam er im September 1952 zur Aufnahme. Es handelte sich um eine Pseudarthrose der Ulna mit Fehlstellung der Fragmente und um eine veraltete Luxation des Radiusköpfchens. Die Beugung war bis zu 80° möglich, die Rotation war aufgehoben. Am 2. und 3. Finger bestanden Paraesthesien. Am 10. 9. wurde das Radiusköpfchen reseziert und die Ulna mit einer Osteotaxis versehen. 1 Monat später zeigte sich eine Achsenknickung von 155° und eine Radialisschwäche mit Fallhand. Es waren keine Anzeichen für Kallusbildung zu finden. 1 Monat später eiterte 1 der Schrauben, eine hatte sich gelöst; sie wurden entfernt. Die anderen wurden am 22. 11. entfernt. Bei der Entlassung am 19. 2. 53 federte die Fraktur noch deutlich, es bestand immer noch eine Achsenknickung, die Radialisfunktion war wieder hergestellt. Die Beweglichkeit wurde bis April 1953 wesentlich besser (Beugung 50°, Streckung frei, Rotation eingeschränkt). Im Juni 1953 erfolgte die Wiederaufnahme wegen verstärkter Beschwerden. Die Pseudarthrose wurde reseziert und ein Küntschernagel in die Markhöhle der Ulna eingeführt. Die Operationswunde fing an, zu sezernieren, es traten Nervenerscheinungen auf, die auf ein stiftförmiges Knochenstückchen im alten Kallus, das den N. ulnaris irritierte, zurückgeführt wurden. Am 4. 9. zeigte sich deutliche Kallusbildung. Im Januar 1954 wurde der Nagel entfernt. Bei der Entlassung war das Allgemeinbefinden gut, die Beugung betrug 85°, die Streckung 165°, Pronation 45°, Supination in Mittelstellung, Bewegung im Handgelenk allseitig eingeschränkt, Faustschluß nicht möglich. Bei der Nachuntersuchung im Februar 1959 ergab sich eine Beweglichkeit im Ellenbogengelenk zwischen 80° und 160°. Die Streckmöglichkeit war eingeschränkt wegen Verwachsungen der Operationsnarbe. Das Drehen des Armes und Faustschluß waren nicht möglich. Die Finger konnten etwas gebeugt werden; in den drei vom N. ulnaris versorgten Fingern bestand eine Anaesthesie. Der Patient klagte über häufige starke Schmerzen.

Cerclage.

(6) E. D. geb. 8. 4. 45. - Am 15. 8. 57 stürzte die Patientin beim Bockspringen und zog sich einen doppelten Unterarmbruch links mit erheblicher Dislokation in allen Ebenen und Kontraktion zu. Die Fraktur wurde reponiert und mit einem Gipsverband versehen. Die Röntgenkontrolle zwei Monate später ergab vermehrte Achsenabweichung. Daraufhin wurde ein Kirschner-Draht in den Markraum der Ulna eingeführt, die Radiusfraktur wurde mit einer Cerclage versehen. 2 Monate nach der Operation war der Bruch fest. Der Arm konnte bis 80° gebeugt und bis 160° gestreckt werden. Im Juli 1959 soll nach Aussage der Mutter der Arm in allen Gelenken frei beweglich sein. Die Patientin will innerhalb der nächsten Monate zur Drahtentfernung kommen.

(7) S. K. geb. 28. 5. 51. - Im März 1958 war die Patientin von einem Bus angefahren worden und hatte dabei den linken Ober- und Unterschenkel gebrochen. Die Spiralfraktur der Tibia wurde mit einer Cerclage versehen, obwohl keine nennenswerte Dislokation bestand. Im Juli 1958 kam die Patientin in die Poliklinik wegen Beschwerden im Bereich der Tibiafraktur. Der Oberschenkelbruch war gut verheilt, die Tibia wies eine Achsenknickung im Valgussinn auf. Im Röntgenbild erschien der Frakturspalt nicht knöchern durchbaut, auf der seitlichen Aufnahme zeigte sich nur zum Teil Strukturierung. Bis Januar 1959 hatte sich die Fehlstellung weitgehend ausgeglichen, sodaß man von einer korrigierenden Operation wird absehen können (Abb. 2).

(8) P. R. Sch. geb. 7. 1. 44. - Am 1. 9. 56 hatte sich der Patient durch Einquetschen in einen Ackerwagen den rechten Unterschenkel gebrochen. Die Tibia wurde mit 2 Cerclagen fixiert. Im Juni 1957 kam er zur Drahtentfernung in die Poliklinik. Die Fraktur war in leichter Varus- und Recurvationsstellung knöchern verheilt. Wegen des zu erwartenden Längenwachstums wurde mit der Entfernung des Drahtes noch gewartet. Im September 1958 waren die Drähte vollständig vom Knochen eingemauert. Im Röntgenbild waren deutliche Resorptionszonen um den Draht zu sehen. Von einer Operation wurde abgesehen (Abb. 3).

Marknagel.

(9) G. E. geb. 30. 9. 44. - Am 17. 11. 57 zog sich die Patientin einen kompletten Bruch des rechten Unterarms zu. Er wurde reponiert und mit einem Gipsverband versehen, der nach 6 Wochen entfernt wurde. Der Bruch war knöchern verheilt, der Radius wies eine Achsenknickung von 165° auf. Am 23. 4. 58 wurde der Radius operativ gestellt und mit einem Marknagel versehen. Bei der Röntgenkontrolle 2 Monate später zeigte sich um den Nagel eine Resorptionszone, die Fragmente waren auseinander gewichen. 4 Monate nach der Operation war die Osteo-

tomiestelle noch nicht knöchern durchbaut. Da die Patientin Berlin verließ, war eine weitere Kontrolle nicht möglich. Es wurde ihr eine zustätzliche Spananlagerung empfohlen (Abb. 4).

(10) H. P. geb. 1. 3. 41. - Am 24. 6. 57 fiel dem Patienten aus 3 m Höhe ein Stein auf den linken Unterarm. Die offene Ulnafraktur wurde sofort mit einem Draht versehen und im Gipsverband ruhiggestellt. 4 Monate später wurde wegen ungenügender Kallusbildung ein Marknagel eingeführt und ein Tibiaspan angelagert. Bis Ostern 1958 erfolgte ambulante Behandlung, dann wurde er arbeitsfähig erklärt. Nach zwei Tagen traten erneut Beschwerden und Schwächegefühl im Arm auf. Belastung war nicht möglich. Eine Röntgenkontrolle im September 1958 ergab eine Defektpseudarthrose der Ulna in Schaftmitte mit Fehlstellung der Fragmente. Der Nagel war im Pseudarthrosenbereich gebrochen. Im Januar 1959 wurde eine Spantransplantation durchgeführt. Der Span wurde mit 4 Cerclagen befestigt. Bei der Röntgenkontrolle am 16. 4. zeigte sich, daß die Pseudarthrose noch nicht genügend durchbaut war. Weitere Ruhigstellung im Gipsverband ist nötig. Die Kallusbildung nimmt jedoch zu (Abb. 5).

(11) U. S. geb. 22. 3. 37. - Am 13. 8. 55 war der Patient mit dem Motorrad in ein entgegenkommendes Fahrzeug gefahren und hatte zahlreiche Brüche erlitten, die bis auf die Tibiafraktur relativ schnell verheilten. Es handelte sich um eine Schrägfraktur der rechten Tibia am Übergang vom oberen zum mittleren Drittel mit starker Knickung im Sinn einer Recurvation. Am 2. 11. wurde eine Marknagelung durchgeführt, die Frakturstelle wurde dabei freigelegt und ein Span aus dem proximalen Teil der Tibia unter das Periost gebettet. Am 17. 11. zeigte sich beginnende Kallusbildung, die Stellung der Fragmente war gut. Am 5. 1. 56 wurde der Patient entlassen. Drei Wochen später fand sich im Gipsverband eine erhebliche Menge Eiter. Der Nagel wurde im April 1956 entfernt. 6 Wochen später konnte das Bein beschwerdefrei belastet werden. Das subjektive Befinden war soweit gut. Es bestand eine stecknadelgroße Öffnung, die sezernierte. Im weiteren Verlauf zeigte sich keine Änderung. Die Eitersekretion war wechselnd stark. Der Patient wurde noch zweimal zur Fistelrevision aufgenommen. Die schlaffen Granulationen wurden wiederholt entfernt. Bis jetzt ist keine Besserung eingetreten (Abb. 6a, 6b).

(12) H. K. geb. 14. 8. 40. - Am 20. 8. 55 stürzte der Patient auf der Straße und brach sich beide Knochen des linken Unterarms. Der Bruch wurde operativ gestellt. 2 1/2 Monate später zeigte sich, daß er mit einer Achsenknickung von 155° verheilt war. Die Beweglichkeit des Armes war eingeschränkt (Beugung 65°, Steckung 160°, Supination frei, Pronation in Mittelstellung). Da sie sich durch Übungsbehandlung nicht besserte, wurde am 22. 8. 56 die Operation durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß die Membrana interossea mit dem Periost des Radius verwachsen

war. Erst nach völliger Durchtrennung der alten Radiusfraktur war die Pronation möglich. Der Radius wurde mit einem Marknagel fixiert, der Osteotomiestelle wurden Schusterspänchen angelagert. 2 Wochen später zeigte sich beginnende Kallusbildung, am 19.10. war der Bruch knöchern fest, die Beweglichkeit nahm laufend zu. Bei der Nachuntersuchung im Juli 1959 ergab sich jedoch nur eine Beweglichkeit im Ellenbogengelenk zwischen 50° und 145° . Die Pronation war frei, Supination in Mittelstellung.

(13) A. F. geb. 13.4 40. - Im Januar 1956 war die Patientin gestürzt und hatte sich eine Monteggiafraktur zugezogen. Die Fraktur der Ulna wurde percutan mit einem Kirschner-Draht fixiert und 12 Wochen ruhiggestellt. 9 Monate später ergab sich eine Pseudarthrose der Ulna mit Fehlstellung der Fragmente. Das Radiusköpfchen stand einwandfrei.Die Beweglichkeit war eingeschränkt (Beugung 80°, Streckung 140°, Pronation und Supination aufgehoben). Die Pseudarthrose wurde mit Küntschernagel und Span behandelt, der mit zwei Drähten befestigt wurde. Nach 1 Monat zeigte sich guter knöcherner Durchbau des Spanes. 2 1/2 Monate nach der Operation war die Pseudarthrose fest verheilt. Nach 1 Jahr wurde der Nagel entfernt. Bei der Nachuntersuchung im Februar 1959 lag die Beweglichkeit zwischen 70° und 160°, die Pronation war eingeschränkt, die Supination war frei. Die Patientin klagte über häufige ziehende Schmerzen in der Narbengegend.

Kirschner-Draht.

(14) G. L. geb. 7.11.38. - Am 31.3.50 fiel der Patient beim Spielen von einem stehenden Auto und brach sich den linken Unterarm. Es ergab sich eine doppelte Unterarmfraktur mit Achsenknickung der Ulna von 10° und Verschiebung des Radius um Schaftbreite. Nach Extensionsbehandlung und Gipsverband hatte der Befund sich nicht geändert. Am 15.4. wurde der Radius operativ gestellt, die Fragmente wurden verzahnt und ein Kirschner-Draht in die Markhöhle eingeführt. Die Röntgenkontrolle ergab seitlich eine achsengerechte Stellung des Radius, in der AP-Aufnahme zeigten beide Knochen noch eine Achsenknickung von 10° und eine Seitenverschiebung um 1/3 Schaftbreite. 6 Wochen später war die Fraktur knöchern überbrückt, die Ulna wies eine leichte Knickung auf, der Radius stand gut. Am 28.7. wurde der Draht entfernt. 4 Monate nach der Operation bestand freie Beweglichkeit in allen Gelenken. Bei der Nachuntersuchung im Februar 1959 zeigten sich keinerlei Beschwerden. Die Funktion war einwandfrei.

(15) A. Sch. geb. 20.11.42. - Am 23.3.54 war die Patientin beim Rollschuhlaufen auf die rechte Hand gefallen und hatte sich eine komplette Unterarmfraktur zugezogen. Im Röntgenbild zeigte sich gute Achsenstellung, das Radiusfragment war um eine halbe Schaftbreite nach dorsal und radial verschoben, das Ulnafragment um volle Schaftbreite nach ulnar. Es wurde in 14 Tagen fünfmal

reponiert und ein Gipsverband angelegt. Da die Bruchstücke sich immer wieder verschoben, erfolgte die Einweisung zur Operation. In die Markhöhle des Radius wurde ein Kirschner-Draht eingeführt, die Fraktur ließ sich gut stellen. Nach 14 Tagen wurde die Patientin entlassen. 1 Monat später zeigte sich gute Kallusbildung. Am 4.10.54 bestand freie Beweglichkeit in allen Gelenken. Der Draht wurde entfernt. Die Fraktur war absolut fest in guter Stellung verheilt. Die Nachuntersuchung ergab eine einwandfreie Beweglichkeit.

(16) E. L. geb. 24. 2. 38. - Am 31. 1. 56 fiel der Patient beim Abspringen von der U-Bahn und brach sich den linken Unterarm. Es handelte sich um eine Querfraktur des Radius mit Seitenverschiebung um Schaftbreite. Bei der Reposition brach die Ulna in gleicher Höhe und verschob sich um 1/2 Schaftbreite. Am 8. 2. wurde die Ulna operativ reponiert, zur Fixation wurde ein Kirschner-Draht intramedullär eingeführt. Der Radius ließ sich gut verzahnen und wurde mit einem perkutanen Kirschner-Draht fixiert. Die Röntgenkontrolle ergab ideale Stellung. Am 1. 3. zeigte sich beginnende Brückenkallusbildung, der Draht des Radius wurde entfernt. Am 23. 3. war der Bruch fest, es hatte sich Brückenkallus gebildet, die Funktion war aber einwandfrei. Am 25. 1. 57 wurde der Draht der Ulna entfernt. Es bestand freie Beweglichkeit in allen Gelenken (Abb. 7a, 7b).

(17) J. G. geb. 4. 2. 48. - Am 15. 8. 57 stürzte der Patient beim Klettern und verletzte sich den rechten Unterarm. Er wurde mit einem Gipsverband versorgt, kam dann am 18. 8. zur Aufnahme, weil die Schmerzen nicht nachließen. Es handelte sich um eine doppelte Unterarmfraktur im distalen und proximalen Abschnitt mit starker Dislokation des Radiusköpfchens ad axim. Die Brüche wurden reponiert. Da die Abknickung des Radiusköpfchens nicht beseitigt werden konnte, wurde das Köpfchen am 28. 8. operativ gestellt, zur Fixation wurde transcondylär ein Draht eingebohrt, der nach 14 Tagen entfernt wurde. Am 19. 11. waren Beugung und Streckung frei, die Rotation in den Endphasen leicht eingeschränkt. Bei der Nachuntersuchung im Februar 1959 ergab sich freie Beweglichkeit im Ellenbogengelenk nach allen Seiten (Abb. 8a, 8b).

(18) G. B. geb. 24. 5. 43. - Am 31. 1. 57 stürzte der Patient beim Bockspringen auf den linken Ellenbogen. Es ergab sich eine Radiusköpfchenfraktur mit Verschiebung des Köpfchens nach radial. Da die Reposition nicht gelang, wurde das Radiusköpfchen operativ gestellt und mit einem Kirschner-Draht fixiert. 14 Tage später wurde der Draht entfernt. Bei der Röntgenkontrolle am 22. 3. zeigte sich gute Kallusbildung. Die Fraktur war knöchern durchbaut. Am 20. 5. ergab sich eine Beweglichkeit zwischen 50° und 165°. Die Rotation war noch leicht eingeschränkt.

(19) R. P. geb. 13. 11. 43. - Am 24. 6. 57 war der Patient mit dem Fahrrad gestürzt und hatte sich den linken Unterarm gebrochen. Die Fraktur war mit einem Gipsverband ruhiggestellt worden. Nach 5 Wochen zeigte sich eine starke Achsenknickung beider Knochen und breiter Brückenkallus. Die Rotation war aufgehoben. Daraufhin wurden Radius und Ulna operativ gestellt und mit je 1 Kirschner-Draht, der perkutan eingeführt wurde, fixiert. Die Drähte wurden nach 3 Wochen entfernt. Bei der Röntgenkontrolle am 17. 9. 57 zeigte sich gute Kallusbildung, die Fraktur stand gut. Eine Nachuntersuchung war nicht möglich (Abb.9a, 9b).

(20) D. B. geb. 24. 7. 42. - Am 30. 5. 57 stürzte der Patient mit dem Fahrrad und brach sich den rechten Unterarm. Es handelte sich um eine Radiusschaftfraktur, kurz proximal vorm Handgelenk, mit Verdrehung nach volar und distal, und eine Lösung der distalen Ulnaepiphyse. Nach mehrmaligen Repositionsversuchen wurde am 5. 6. die Epiphyse mit einem Draht transkutan fixiert und dann der Radius gestellt. Die Röntgenkontrolle ergab eine ausreichende Stellung. Nach 6 Wochen wurde der Draht entfernt. Die Nachuntersuchung im Februar 1959 zeigte einwandfreie Stellung und Funktion.

Nagel.

(21) W. M. geb. 30. 1. 34. - Am 13. 11. 50 verletzte sich der Patient beim Schuttabladen den linken Unterschenkel. Es ergab sich eine Corticalisaussprengung am medialen Knöchel und ein Abriß des Volkmannschen Dreiecks, das mit einem 4 cm langen Nagel befestigt wurde. 2 Monate nach der Operation war die Funktion einwandfrei wieder hergestellt. Der Nagel wurde am 4. 4. 51 entfernt. Der Patient war weiterhin vollkommen beschwerdefrei.

(22) H. H. geb. 27. 9. 37. - Am 13. 1. 52 fiel der Patient wegen Glatteis auf den rechten Ellenbogen und zog sich einen Bruch des Olecranons mit Diastase zu. Wegen der Spannung erscheinen Periostnähte nicht ausreichend und es wurde ein 4 cm langer Chrom-Nickel-Stahl-Nagel in die Längsachse der Ulna geschlagen. Die Röntgenkontrolle 1 Monat später zeigte gute Konsolidierung des Bruches. Der Nagel wurde entfernt. 2 Monate nach der Operation war der Ellenbogen nach allen Seiten frei beweglich.

Zuelzerklammer.

(23) P. A. geb. 12. 9. 44. - Am 1. 7. 58 stürzte der Patient zu Hause auf den linken Ellenbogen. Es ergab sich eine Absprengung des Olecranons. Der Bruch wurde operativ reponiert und mit einer Zuelzerklammer fixiert. Bei der Entlassung am 18. 2. betrug die Beugung $80^{o}$, die Streckung $170^{o}$, Pronation und Supination waren frei. Die Klammer wurde 3 Monate nach der Operation entfernt. Bei der Nachuntersuchung im Februar 1959 war das Gelenk nach allen Seiten frei beweglich.

Schraube.

(24) I. Sch. geb. 30. 5. 35. - Am 17. 12. 51 fiel die Patientin von einer Scheune und verletzte sich das linke Fußgelenk. Im Krankenhaus wurde sie mit einem Gehgipsverband versorgt, der nach 4 Wochen abgenommen wurde, weil er sich gelockert hatte. Die Weiterbehandlung beschränkte sich auf Massage und Heißluft. Im März 1952 kam die Patientin wegen der ständigen Schmerzen zur Aufnahme. Die Fibulafraktur war gut verheilt, der Malleolus tibialis klaffte um 1/2 cm, die Knöchelgabel war gesprengt. Die Pseudarthrose wurde reseziert eine Schraube wurde von der Fibula zur Tibia durchgestoßen, der Malleolus wurde angenagelt. Bei der Kontrolle 2 Monate später zeigten sich keinerlei Komplikationen. Im Dezember 1952 war die Fraktur gut ausgeheilt, um die Schraube bestand jedoch ein deutlicher Aufhellungsbezirk. Oberhalb des Fußgelenkspaltes hatte sich an der Fibula eine Exostose gebildet. Im April 1954 kam die Patientin wieder wegen starker Beschwerden beim Laufen. Die Gabel war noch gesprengt, es bestand eine Diastase von 1/2 cm. Die Schraube war von Kallus umwachsen, der Knochen zeigte eine Auflockerung der Struktur, Schraube und Nagel lagen im Reizbett. Bei der Entfernung der Reizkörper zeigte sich, daß die Schraube von braunem sulzigen Gewebe umgeben war. Sie ließ sich erst nach Entfernung des Kallus herausnehmen. Der Nagel ließ sich ohne weiteres entfernen. Eine Nachuntersuchung war nicht möglich.

Spantransplantation.

(25) G. E. geb. 8. 10. 50. - Am 3. 11. 57 zog sich die Patientin eine Fraktur am linken Unterarm zu, die 6 Wochen im Gipsverband ruhiggestellt wurde. 1/2 Jahr später brach sie sich den Arm ein zweites Mal. Er wurde wieder 8 Wochen ruhiggestellt. 8 Tage nach Entfernung des Gipsverbandes traten Beschwerden an der Bruchstelle auf. Das Röntgenbild zeigte eine Schrägfraktur im unteren Drittel des Radius mit Verschiebung um mehr als Schaftbreite und leichte Achsenknickung. Die Fragmentenden waren pseudarthrotisch abgerundet. Am 16. 7. wurde die Pseudarthrose reseziert und ein Span aus der Tibia eingelegt, der mit 4 Drahtumschlingungen befestigt wurde. Am 9. 10. war die Pseudarthrose knöchern fest. 1 Monat später bestand freie Beweglichkeit in allen Gelenken. Bei der Nachuntersuchung im Juli 1959 ergaben sich einwandfreie Funktion und gute Stellung. An einer der Drahtschlingen zeigte sich im Röntgenbild eine leichte Druckatrophie am Knochen.

(26) W. G. geb. 7. 10. 48. - Bei dem Patienten hatte sich nach einer Osteomyelitis im Oktober 1951 eine Pseudarthrose der rechten Tibia entwickelt. Die Eltern lehnten bis 1955 eine Operation ab. Er trug dauernd einen entlastenden Schienenapparat. Im Röntgenbild zeigte sich eine Defektpseudarthrose der rechten Tibia am Übergang vom proximalen zum mittleren Drittel. Im März 1955 wurde die Operation durchgeführt. Die Fibula wurde knapp unter der Epiphysenlinie durchtrennt und in den proximalen Tibiaanteil

eingebolzt. Zusätzlich wurde ein Span aus der gesunden Tibia eingelegt. Das Röntgenbild 2 Monate später zeigte zunehmende Kallusbildung. Bei der letzten Röntgenkontrolle am 21. 7. 55 ergab sich weitere gute Kallusbildung.

(27) N. St. geb. 6. 6. 40. - Am 2. 5. 53 wurde der Patient nach einem Verkehrsunfall mit einer offenen linksseitigen Unterschenkelfraktur ins Krankenhaus eingeliefert. Am 10. 7. wurde er gehfähig - mit fast idealem anatomischen Ergebnis - entlassen. Nach Aussage des Jungen hatte jedoch gleich eine Verkrümmung am Unterschenkel bestanden. Im Oktober 1953 ergab sich eine Pseudarthrose der Tibia mit Fehlstellung im Sinne der Antecurvation. Wegen des bestehenden Ekzems im Narbenbereich wurde die Operation aufgeschoben bis Februar 1954. Dann wurde ein Span aus der rechten Tibia eingelegt nach Osteotomie der Fibula. Das Röntgenbild 2 Monate später zeigte Kallusanlagerung und gute Stellung. Am 8. 6. war der Spalt sicher knöchern überbrückt. Bei der Entlassung im Juli zeigte der Patient ein normales Gangbild und hatte keinerlei Beschwerden.

(28) K. E. geb. 11. 9. 41. - Am 4. 1. 57 rutschte der Patient auf seiner Baustelle aus und brach sich den medialen und lateralen Knöchel rechts. Die Fraktur wurde im Gipsverband ruhiggestellt. Nach 6 Monaten ergab sich ein 3 mm breiter Pseudarthrosenspalt, die Gabel war nicht gesprengt. Am 24. 7. 57 wurde ein Tibiaspan in den Malleolus eingenutet. 3 Wochen später war zunehmende knöcherne Durchbauung festzustellen. Bei der Röntgenkontrolle am 8. 11. war die Pseudarthrose fest verheilt. Die Nachuntersuchung im Juli 1959 ergab einwandfreie Beweglichkeit.

(29) N. Sch. geb. 19. 8. 46. - Am 14. 3. 57 stolperte der Patient beim Spielen und fiel auf die rechte Hand. Das Röntgenbild ergab eine Verschiebung der distalen Radiusepiphyse nach dorsal um ihre halbe Breite. Da keine Reposition erfolgte, mußte einen Monat später eine Radiusosteotomie durchgeführt werden, und ein Span aus der Tibia wurde eingelegt. Bei der Entlassung 6 Wochen nach der Operation war das Handgelenk völlig frei beweglich. Die Nachuntersuchung im Februar 1959 ergab eine einwandfreie Funktion.

Abb. 1a
Fall 3
16.6.52

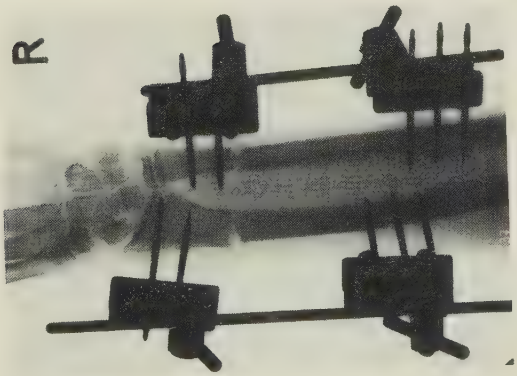


Abb. 1b
Fall 3
28.6.52

Abb. 2
Fall 7
22. 7. 58

Abb. 3
Fall 8
22. 8. 58

Abb. 4
Fall 9
21.7.58

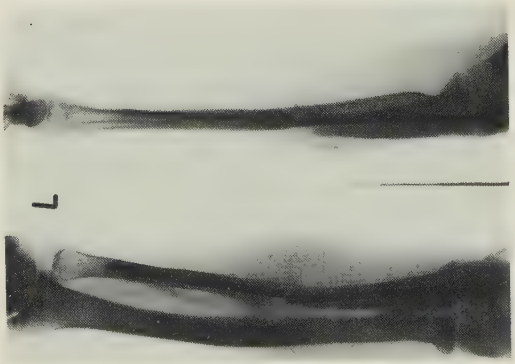

Abb. 5
Fall 10
12.1.59

Abb. 6a
Fall 11
5.1.56

Abb. 6b
Fall 11
11.6.56

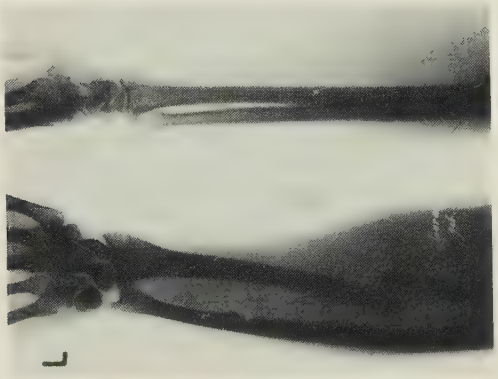

Abb. 7a
Fall 16
31.1.56

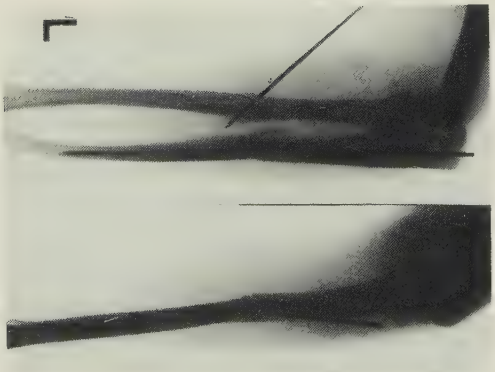

Abb. 7b
Fall 16
1.3.56

Abb. 8a
Fall 17
18. 8. 57

Abb. 8b
Fall 17
12. 9. 57

Abb. 9a
Fall 19
26. 7. 57

Abb. 9b
Fall 19
31. 7. 57

Literatur


| | |
|---|---|
| Baumann, E. | Beiträge zur Kenntnis der Frakturen am Ellenbogengelenk unter Berücksichtigung der Spätfolgen. Bruns Beitr. 1,146/147 1929 |
| Bernbeck, R. | Kinderorthopädie. Stuttgart, G. Thieme 1954 |
| ders. | Möglichkeiten und Kritik der Osteosynthese. Langenbeck's Archiv u. dtsch. Zsch. Chir. Bd. 270 464-466 1951 |
| Block, W. | Die normale und gestörte Knochenbruchheilung. Stuttgart F. Enke 1940 |
| ders. | Verhalten des Knochens nach Bohren und Nageln. Arch. klin. Chir. 137, 315-329 1925 |
| Blount, W. P. | Knochenbrüche bei Kindern. Stuttgart, G. Thieme |
| ders. | Epiphysenwachstumsstörung und ihre Behandlung (Epiphyseodese). Verh. dtsch. orthop. Ges. 40. Kongreß Wiesbaden 1952 |
| Böhler, J. | Neues Prinzip zum Einrichten von Monteggiafrakturen. Hefte Unfallheilk. 46, 97 1953 |
| Böhler, L. | Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Wien - Düsseldorf, W. Maudrich 1953 |
| ders. | Konservative und operative Behandlung der Monteggiafrakturen. Hefte Unfallheilk. 46, 94 1953 |
| Bosworth, B. M. | Fractures of both bones of the forearm in children. Surg., Gynec & Obst. 72, 667 1941 |
| Buck Gramcko | Zur metallischen Osteosynthese am Sprunggelenk. Arch. Orthop. 47, 211-226 1955 |
| Butte, H | Über kindliche Unterarmschaftbrüche. Inaug. Diss. Göttingen 1946 |
| Büttner, A. | Über Refrakturen im Kindesalter. Chirurg 19, 347 1948 |

Christidi, E. — Die Behandlung der Epiphysenfrakturen durch Nagelung. Zbl. Chir. 65, 529-538 1938

Cotta, H. — Probleme zur Osteosynthese am wachsenden Skelett. Verh. dtsch. orthop. Ges. 46 1958

ders. — Die operative Behandlung der Radiusköpfchenfraktur. Arch. orthop. Unfallchir. 50, 260-268 1958

Damje, N. G. — Grundlagen der Traumatologie des Kindesalters. Berlin VEB Verlag Volk u. Gesundheit 1955

Ehalt, W. — Erfahrungen bei der Marknagelung offener Unterschenkelbrüche. Arch. Orth. Unfallchir. 44, 500 1949/51

ders. — Wie unterscheiden sich die Knochenbrüche bei Kindern von denen der Erwachsenen? Verh. d. dtsch. Ges. f. Chir. 75. Kongr. 1958

ders. — Osteosintesi metallica. Achr. Putti Chri. Pirenze 5, 84. 102 1955, Ref. Zentr. Organ ges. Chir. 145 1956/57

Gelbke, H. — Die "dynamische Osteosynthese" nach Rush, eine wertvolle Vervollständigung der Küntschernagelung. Chir. 26, 529-534 1955

Griessmann, H. — Die Besonderheiten im Heilablauf der Frakturen beim Kinde. Med. Klin. 1941, 299

Grob, M. — Lehrbuch der Kinderchirurgie. Stuttgart, G. Thieme 1957

Grundmann, Links — Gesichtspunkte für die Behandlung der Unterschenkelschaftbrüche. Arch. Orthop. Bd. 47, 489 1955

Hackethal, K. H. — Küntscher- oder Rushnagelung? 74. Tag. Dtsch. Ges. f. Chir. 1957 München

Häbler, C. — Marknagelung nach Küntscher bei Schaftbrüchen der langen Röhrenknochen. München u. Berlin, Urban u. Schwarzenb. 1950

Heinemann, C. — Fragen der Knochenneubildung. Brun's Beitr. 195, 206-218 1957

Hoffmann — Le dilemme des fractures compliqués. Une solution L'Ostéotaxis. Helvet. Chir. acta 20, 487-492 1953

| | |
|---|---|
| Karst, A. | Beitrag zur operativen Behandlung der veralteten Luxationen des Radiusköpfchens. Chir. 24, 217 1950 |
| Kastrup, H. | Zur Marknagelung im Kindesalter. Mschr. Unfallheilk. 53, 13 1950 |
| Kern, E.<br>Mc nminger, W. | Spätergebnisse bei schlecht geheilten kindlichen Frakturen. Ärztl. Wschr. 1954, 4 |
| Key, J. A. | Indications and contraindications for medullary nailing of fractures. J. Amer. Med. Assoc. 158, 1001-1003 1955 |
| Küntscher, G. | Die Marknagelung von Knochenbrüchen. Arch. klin. Chir. 200. Bd. Chir. Kongr. 1940 |
| ders. | Die Marknagelung gelenknaher Brüche. Mschr. Unfallheilk. 58, 1 1955 |
| ders. | Die Marknagelung für die Behandlung der frischen Frakturen. Wiederher. Chir. Traum. 1, 18, S. Karger Basel-New York 1953 |
| Lange, M. | Unfallorthopädie. Stuttgart, Enke 1949 |
| ders. | Orthopädisch chirurgische Operationslehre. München, Bergmann 1951 |
| v. Lanz, T. | Praktische Anatomie. Springer, Berlin 1938 und 1959 |
| Lichtenberg, R. | Study of 2532 fractures in children. Amer. J. Surg. 87, 330 1954 |
| Lutzeyer, W.<br>Guse, G. | Spätergebnis nach konservativer und operativer Behandlung kindlicher Knochenbrüche. Chirurg. 25, 90 1954 |
| Oberniedermayer A. | Chirurgie und Orthopädie des Kindesalters. Verlag Springer 1959 |
| Raisch, O. | Über die Pseudarthrosenbehandlung nach Phemister. Hefte Unfallheilk. 48, 246-253 1955 |
| ders. | Experimenteller Beitrag zur Frage der Osteosynthese mit besonderer Berücksichtigung der Marknagelung n. Küntscher. Bruns Beitr. 175, 548 1944 |
| Rasovsky, A. | Die Anwendung von Kirschner-Draht zur Osteosynthese von Unterarmbrüchen. Cas lék cesk 1955 - Ref. Zentr. Org. ges. Chir. Bd. 140 1955 |

| | |
|---|---|
| Rettig, H. | Frakturen im Kindesalter. Stuttgart, G. Thieme 1957 |
| Rush, Gelbke, H. | Atlas der intramedullären Frakturfixation. München, Barth 1957 |
| v. Schleyer, H. | Zur Indikationsstellung der Marknagelung. Mschr. Unfallheilk. 53 1950 |
| Schneider, T. | Spätergebnisse der Küntschernagelung an jugendlichen Knochen. Ärztl. Wschr. 1950, 846-849 |
| Schüttemeyer, W. Flach, A. | Die Behandlung kindlicher Frakturen der unteren Extremität und ihre Heilungsergebnisse. Mschr. Unfallheilk. 53, 4 1950 |
| Winkler, L. | Eignung von Cerclage, Drahtextension und Marknagelung zur Knochenbruchbehandlung bei Kindern. Dtsch. med. J. 109 1952 |
| Witt, A. N. | Die Behandlung der Pseudarthrosen. Berlin de Gruyter 1952 |
| ders. | Beitrag zur Fixation des Radiusköpfchens. Verh. dtsch. orthop. Ges. 45, 394 1957 |
| ders. | Probleme zur Osteotaxismethode. Mschr. Unfallheilk. 60, 239 1959 |
| ders. | Die Marknagelung bei veralteten Frakturen. Wiederher. Chir. Traum. I, 64, S. Karger Basel - New York 1953 |
| ders. | Zur Behandlung der Unterschenkelfrakturen. Verh. dtsch. orthop. Ges. 41. Kongr. 1953 S. 180 |

## Lebenslauf

Ich wurde am 26. September 1934 in Berlin geboren als Tochter des Universitätsprofessors Dr. med. et phil. Fritz Wrede und seiner Frau, der Ärztin Dr. med. Elisabeth Wrede geb. Bornhofen. Mein Vater starb 1952. - Nach der Volksschule besuchte ich von 1945 an die Sophie Scholl-Schule, Oberschule des Wissenschaftlichen Zweiges in Berlin Schöneberg, wo ich Ostern 1953 die Reifeprüfung bestand. Im Sommersemester 1954 begann ich das medizinische Studium an der Freien Universität Berlin und legte dort im Sommersemester 1956 die ärztliche Vorprüfung ab. Ich blieb während des ganzen Studiums an der Freien Universität Berlin immatrikuliert. 1957 war ich ein Semester beurlaubt. Am 15. März 1960 begann ich mit dem medizinischen Staatsexamen, das ich am 22. Oktober 1960 beendete.